

Consumer Acceptance and Nutritional Profile of Lupin-Based Mayonnaise-Type Dressings: An Exploratory Study Comparing Olive Oil and Soy Formulations

Aceitação do Consumidor e Perfil Nutricional de Molhos de Tremoço Tipo Maionese: Estudo Exploratório Comparando Azeite e Soja

Leandro Oliveira 

Keywords: Lupin, mayonnaise-type dressing, product development, food innovation, sensory analysis

Palavras-chave: Tremoço, molho tipo maionese, desenvolvimento de produto, inovação alimentar, análise sensorial

To Cite:

Oliveira, L. (2025) Consumer Acceptance and Nutritional Profile of Lupin-Based Mayonnaise-Type Dressings: An Exploratory Study Comparing Olive Oil and Soy Formulations. *Biomedical and Biopharmaceutical Research*, 22(2), 1-24.

 <https://doi.org/10.19277/bbr.22.2.366>

CBIOS (Research Center for Biosciences and Health Technologies), Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Campo Grande 376, 1749-024 Lisboa, Portugal

Correspondence to / Correspondência a:
leandroliveira.nut@gmail.com

Received / Recebido: 17/07/2025
Accepted / Aceite: 07/11/2025

Abstract

This exploratory study evaluated consumer acceptance and nutritional characteristics of lupin-based mayonnaise-type dressings formulated with olive oil or soy-based vegetable cream. Thirty-one adult consumers assessed global appreciation, appearance, aroma, flavour, texture, and saltiness using a 9-point hedonic scale. No statistically significant differences were observed between formulations, although small effect sizes ($r = 0.11-0.20$) consistently favoured the soy-based version. Nutritionally, the soy-based dressing showed lower energy and fat and higher protein and fibre contents, while the olive oil version was sensorially familiar and achieved slightly higher willingness-to-consume scores. Both formulations were perceived as innovative and sustainable alternatives to conventional mayonnaise. Nevertheless, lupin is a legally recognised allergen in the EU, requiring mandatory labelling and careful risk communication. Study limitations include the absence of a commercial mayonnaise control, sensory tests conducted only under laboratory conditions, lack of objective stability measurements, and a small homogeneous sample. Overall, these findings highlight the promise of lupin as a sustainable egg substitute in emulsion-based products, while emphasising the need for larger and more diverse studies, real-world consumption testing, and evaluation of technological stability.

Resumo

Este estudo exploratório avaliou a aceitação do consumidor e as características nutricionais de molhos tipo maionese à base de tremoço, formulados com azeite ou com substituto vegetal de natas à base de soja. Trinta e um consumidores adultos avaliaram a apreciação global, aparência, aroma, sabor, textura e teor de sal numa escala hedónica de 9 pontos. Não se observaram diferenças estatisticamente significativas entre as formulações, embora tamanhos de efeito pequenos ($r = 0,11-0,20$) tenham favorecido consistentemente a versão com base de soja. Do ponto de vista nutricional, a formulação com soja apresentou menor teor energético e de gordura e maior teor de proteína e fibra, enquanto a versão com azeite foi sensorialmente mais familiar e obteve ligeiramente maior intenção de consumo. Ambas as formulações foram percebidas como alternativas inovadoras e sustentáveis à maionese convencional. Contudo, o tremoço é um alérgico legalmente reconhecido na UE, implicando rotulagem obrigatória e comunicação clara do risco. As limitações incluem a ausência de uma maionese comercial como controlo, testes sensoriais realizados apenas em contexto laboratorial, falta de medições objetivas de estabilidade e uma amostra pequena e homogénea. Em conjunto, estes resultados reforçam o potencial do tremoço como substituto sustentável do ovo em emulsões, salientando a necessidade de estudos mais amplos e diversificados, testes em contextos de consumo real e avaliação da estabilidade tecnológica.

Introduction

The transition towards more sustainable and health-conscious eating patterns has become increasingly urgent in light of global challenges such as climate change, resource scarcity, population growth, and the rising burden of non-communicable diseases (1–3). These concerns have stimulated public interest and scientific research into plant-based diets, which are associated with a lower environmental footprint, improved human health, and enhanced ethical standards in food systems (4,5). In this context, the development of vegetarian and vegan food alternatives is not merely a dietary trend, but a necessary response to ecological, nutritional, and social imperatives (6,7).

Plant-based diets, particularly those rich in legumes, fruits, vegetables, whole grains, and nuts, have been consistently linked to reduced risks of obesity, cardiovascular diseases, type 2 diabetes, and certain cancers (8,9). From an environmental perspective, replacing animal-based foods with plant-derived products is associated with significantly lower greenhouse gas emissions, reduced water use, and lower land degradation (5,10). Additionally, vegetarian alternatives can increase accessibility and inclusivity in food choices, accommodating religious, ethical, or medical dietary restrictions, such as egg allergy or lactose intolerance (4,11).

However, the acceptability and success of vegetarian products in the market depends on their ability to mimic the sensory attributes, functionality, and nutritional value of traditional animal-based products (12,13). One such challenge is the reformulation of emulsified condiments such as mayonnaise, which typically rely on egg yolk for emulsification and texture (14,15). Traditional mayonnaise is an oil-in-water emulsion rich in total and saturated fat and cholesterol, making it a target for nutritional improvement (14). Plant-based alternatives to mayonnaise must therefore achieve a balance between functional performance, consumer appeal, and nutritional enhancement (16).

Legumes are excellent candidates for this purpose, not only due to their nutritional quality and low environmental impact, but also due to their functional

Introdução

A transição para padrões alimentares mais sustentáveis e orientados para a saúde tornou-se cada vez mais urgente face a desafios globais como as alterações climáticas, a escassez de recursos, o crescimento populacional e o aumento da prevalência de doenças não transmissíveis (1–3). Estas preocupações têm impulsionado o interesse público e a investigação científica sobre dietas à base de produtos vegetais, associadas a uma menor pegada ambiental, a melhorias na saúde humana e a padrões éticos mais elevados nos sistemas alimentares (4,5). Neste contexto, o desenvolvimento de alternativas vegetarianas e veganas não representa apenas uma tendência alimentar, mas sim uma resposta necessária a imperativos ecológicos, nutricionais e sociais (6,7).

As dietas baseadas em produtos vegetais, sobretudo aquelas ricas em leguminosas, frutas, hortícolas, cereais integrais e frutos oleaginosos, têm sido consistentemente associadas à redução do risco de obesidade, doenças cardiovasculares, diabetes tipo 2 e certos tipos de cancro (8,9). Do ponto de vista ambiental, a substituição de alimentos de origem animal por produtos de origem vegetal está associada a emissões significativamente mais baixas de gases com efeito de estufa, a um menor consumo de água e a uma redução na degradação dos solos (5,10). Além disso, as alternativas vegetarianas aumentam a acessibilidade e inclusão nas escolhas alimentares, ao acomodarem restrições de ordem religiosa, ética ou médica, como alergias ao ovo ou intolerância à lactose (4,11).

No entanto, a aceitabilidade e o sucesso dos produtos vegetarianos no mercado dependem da sua capacidade de replicar os atributos sensoriais, a funcionalidade e o valor nutricional dos produtos tradicionais de origem animal (12,13). Um desses desafios é a reformulação de condimentos emulsificados, como a maionese, que dependem tradicionalmente da gema de ovo para a emulsificação e textura (14,15). A maionese tradicional é uma emulsão óleo-em-água, rica em gordura total, gordura saturada e colesterol, o que a torna um alvo para melhoria nutricional (14). As alternativas vegetais à maionese devem, por isso, alcançar um equilíbrio entre desempenho funcional, aceitação do consumidor e valor nutricional acrescido (16).

As leguminosas são excelentes candidatas para esse fim, não só pela sua qualidade nutricional e baixo impacto ambiental, mas também pelas

properties that allow them to act as emulsifiers and texturisers in food products (17-19). Among them, lupin (*Lupinus albus* L.) has emerged as a promising and underutilised legume with high protein content (35-40%), dietary fibre, unsaturated fats, and significant levels of minerals and antioxidants (20,21). Moreover, lupin is naturally gluten-free and has a low glycaemic index, making it suitable for a wide range of consumers, including those with coeliac disease or metabolic disorders (22,23).

Lupin also offers important environmental advantages, such as the ability to fix atmospheric nitrogen and to grow in marginal soils, requiring fewer external inputs (24). These features position lupin as a strategic crop for sustainable agriculture and for diversifying plant-based food options (21).

Previous studies have demonstrated that lupin protein isolates can successfully stabilise emulsions and replace egg yolk in dressings and sauces (25-27). However, few studies have explored the use of whole lupin seeds, including the skin, which can preserve more of the original fibre and bioactive compounds, while also simplifying processing and reducing waste (28). The incorporation of whole lupin in food products aligns with the principles of circular economy and whole-food-based nutrition (28,29).

Despite its potential, lupin's characteristic taste and texture may pose challenges to consumer acceptance (28). Nevertheless, recent studies show that when appropriately formulated, lupin-based foods are well accepted by consumers, particularly when promoted as sustainable and nutritious alternatives (28).

In this context, the aim of this study was to develop two mayonnaise-type salad dressings using whole lupin seeds as an egg substitute. This work contributes to the growing body of research focused on developing sustainable, nutritious, and acceptable plant-based food products to support dietary shifts aligned with public health and environmental goals.

propriedades funcionais que lhes permitem atuar como emulsificantes e texturizantes em produtos alimentares (17-19). Entre elas, o tremço (*Lupinus albus* L.) destaca-se como uma leguminosa promissora e subutilizada, com elevado teor proteico (35-40%), fibra alimentar, gorduras insaturadas e quantidades significativas de minerais e compostos antioxidantes (20,21). Adicionalmente, o tremço é naturalmente isento de glúten e apresenta um baixo índice glicémico, sendo adequado para uma grande diversidade de consumidores, incluindo pessoas com doença celíaca ou distúrbios metabólicos (22,23).

O tremço oferece ainda vantagens ambientais relevantes, como a capacidade de fixar azoto atmosférico e crescer em solos marginais, exigindo menos insumos externos (24). Estas características posicionam o tremço como uma cultura estratégica para uma agricultura sustentável e para a diversificação de opções alimentares de base vegetal (21).

Estudos anteriores demonstraram que os isolados proteicos de tremço conseguem estabilizar emulsões com sucesso e substituir a gema de ovo em molhos e temperos (25-27). Contudo, poucos estudos exploraram a utilização da semente de tremço inteira, incluindo a casca, o que pode preservar uma maior proporção de fibra e compostos bioativos, ao mesmo tempo que simplifica o processamento e reduz o desperdício (28). A incorporação do tremço inteiro em produtos alimentares está alinhada com os princípios da economia circular e da alimentação baseada em alimentos integrais (28,29).

Apesar do seu potencial, o sabor e textura característicos do tremço podem representar desafios à aceitação do consumidor (28). No entanto, estudos recentes mostram que, quando devidamente formulados, os alimentos à base de tremço são bem aceites pelos consumidores, especialmente quando promovidos como alternativas sustentáveis e nutritivas (28).

Neste contexto, o objetivo do presente estudo foi desenvolver dois molhos tipo maionese utilizando sementes de tremço inteiras como substituto do ovo. Este trabalho contribui para o crescente corpo de investigação centrado no desenvolvimento de produtos alimentares vegetais sustentáveis, nutritivos e aceitáveis, que apoiem a transição alimentar em consonância com os objetivos de saúde pública e sustentabilidade ambiental.

Materials and Methods

Preparation of lupin-based dressing

The ingredients were purchased from a local supermarket and stored according to their specifications. Two lupin-based dressings were developed, one with olive oil (extra virgin) and the other with soy vegetable cream substitute. The selection of these two lipid sources was intentional. Extra virgin olive oil was chosen for its nutritional and sensory relevance in Mediterranean diets, characterised by a high content of monounsaturated fatty acids and a familiar flavour profile (30). The soy-based vegetable cream substitute was selected to explore a vegan-friendly alternative with lower total fat and added protein, aligning with the goals of nutritional improvement and plant-based innovation (16,21). The soy vegetable cream used was a commercially available non-GMO product compliant with EU Regulation No. 1829/2003 on genetically modified food and feed (31). The ingredients for develop lupin-based dressings were the same, differing in the oil/soy vegetable cream substitute ingredient: lupines (390g), extra virgin olive oil (390g) or soy vegetable cream substitute (390g), water (390g), cider vinegar (20g), corn starch (20g), soy lecithin (10g), and xanthan gum (2g).

Commercial lupins cooked and preserved in brine were used, so no salt was added to the preparation. A Vorwerk® Thermomix TM5 (also known as a Bimby in Portugal) was used to prepare the dressings. Both preparations followed the same procedure, as shown in Figure 1.

Nutritional composition

The nutritional composition of lupine-based dressings was calculated using the Portuguese food nutritional composition table (32), as well as the information available on food packaging labels.

Sensory analysis

The sensory analysis test took place at the sensory analysis laboratory of the Faculty of Biotechnology – Universidade Católica Portuguesa (ESB-UCP) on January 31, 2019, using a convenience sample. Students and employees of the ESB-UCP were invited to participate voluntarily. Inclusion criteria were accepting to participate in the study, being over 18 years old, being available on the day of the sensory analysis tests, not having any type of food allergy or intolerance, being a consumer of mayonnaise-type dressings.

Material e Métodos

Preparação do molho à base de tremçoço

Os ingredientes foram adquiridos num supermercado local e armazenados de acordo com as respetivas indicações. Foram desenvolvidos dois molhos à base de tremçoço: um com azeite (virgem extra) e outro com substituto vegetal de natas de soja. A seleção destas duas fontes lipídicas foi intencional. O azeite virgem extra foi escolhido pela sua relevância nutricional e sensorial nas dietas mediterrânicas, caracterizadas por um elevado teor de ácidos gordos monoinsaturados e um perfil de sabor familiar (30). O substituto vegetal de natas à base de soja foi selecionado para explorar uma alternativa vegana, com menor teor total de gordura e maior teor proteico, em consonância com os objetivos de melhoria nutricional e inovação em produtos de origem vegetal (16,21). O substituto vegetal de natas utilizado era um produto comercial disponível no mercado, não geneticamente modificado (GMO-free), em conformidade com o Regulamento (UE) n.º 1829/2003 relativo a géneros alimentícios e alimentos para animais geneticamente modificados (31). Os ingredientes utilizados na preparação dos molhos foram os mesmos, variando apenas no tipo de gordura: tremçoços (390 g), azeite virgem extra (390 g) ou substituto vegetal de natas de soja (390 g), água (390 g), vinagre de sidra (20 g), amido de milho (20 g), lecitina de soja (10 g) e goma xantana (2 g).

Foram utilizados tremçoços comerciais cozidos e conservados em salmoura, pelo que não foi adicionado sal à preparação. Um Vorwerk® Thermomix TM5 (também conhecido como um Bimby em Portugal) foi utilizado para a preparação dos molhos. Ambas as preparações seguiram o mesmo procedimento, conforme ilustrado na Figura 1.

Composição nutricional

A composição nutricional dos molhos à base de tremçoço foi calculada com base na Tabela da Composição de Alimentos Portuguesa (32), bem como nas informações disponíveis nos rótulos das embalagens dos alimentos.

Análise sensorial

O teste de análise sensorial decorreu no laboratório de análise sensorial da Faculdade de Biotecnologia – Universidade Católica Portuguesa (ESB-UCP), a 31 de janeiro de 2019, com uma amostra de conveniência. Estudantes e colaboradores da ESB-UCP foram convidados a participar voluntariamente. Os critérios

Samples of 30 g of lupin-based dressing with olive oil and soy vegetable cream substitute were presented in white cups (with a plastic spoon), coded with three-digit numbers, and distributed on the counter for the tasters' evaluation. Each taster received water in plastic cups to cleanse their palate between samples. The samples were randomly distributed, and their position was changed between each of the tasters, they tasted the samples one by one, recorded their evaluations, and made observations whenever they considered it necessary (33).

de inclusão foram: aceitar participar no estudo, ter mais de 18 anos, estar disponível no dia dos testes de análise sensorial, não apresentar alergias ou intolerâncias alimentares, e ser consumidor de molhos tipo maionese.

Foram apresentadas amostras de 30 g de cada molho à base de tremço (com azeite e com substituto de natas de soja), servidas em copos brancos com colheres de plástico, codificadas com números de três dígitos e distribuídas no balcão para avaliação dos provadores. Cada provador recebeu um copo com água para limpar o paladar entre amostras. A ordem de apresentação foi aleatória e alterada entre provadores, que provaram as amostras uma de cada vez e registaram a sua avaliação, incluindo observações adicionais, sempre que consideraram pertinente (33).

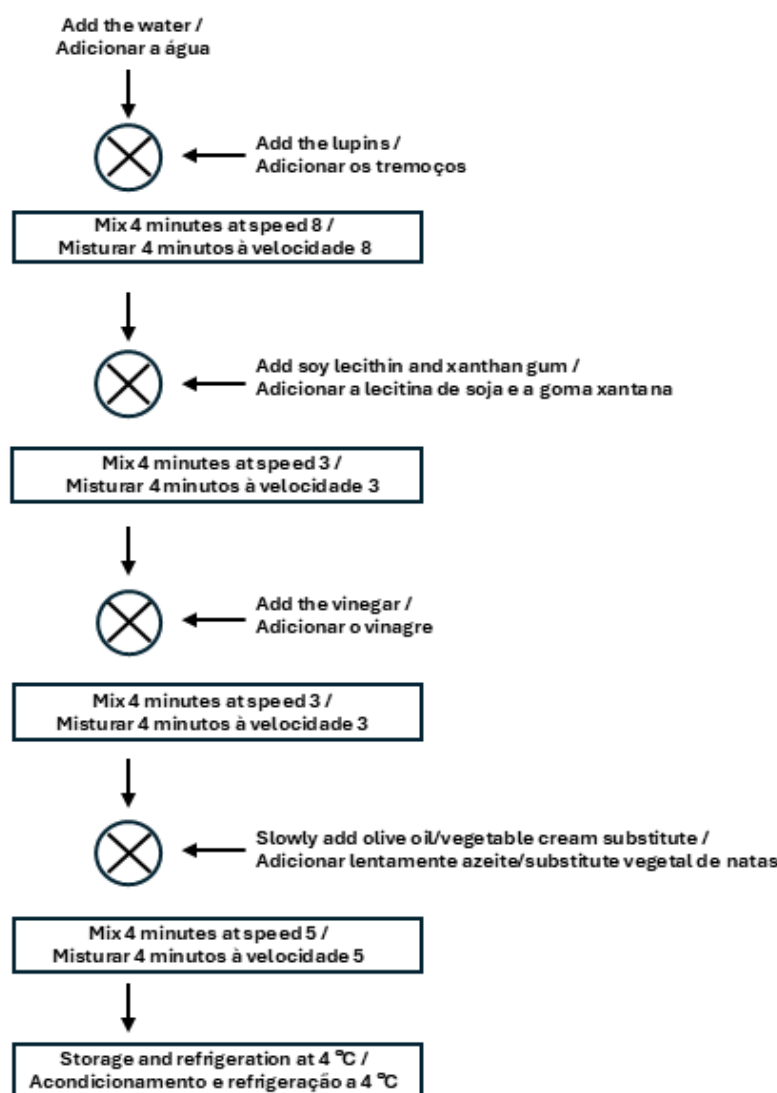


Figure 1 - Process of preparation of lupin-based sauces, using the Thermomix TM5 (Vorwerk®)

Figura 1 - Processo de elaboração dos molhos à base de tremço, utilizando a Thermomix TM5 (Vorwerk®).

A sensory evaluation questionnaire was developed for the consumer panel (Supplementary File 1), based on standard practices of hedonic assessment (33). It also included sociodemographic questions covering gender, age, marital status, nationality, municipality of residence, educational level, and employment status. Then, the participants were asked about the frequency of consumption of dressings for salads/sandwiches (for example, normal or light mayonnaise), whose response options were: rarely; 1 time per month; 2-3 times a month; 1-3 times a week; 4-6 times a week; every day; e, more than 1 time per day. They were also asked to mention which dressing for salad/sandwiches they used to consume most frequently.

Subsequently, they were asked to taste the samples and score, on a 9-point Likert-type scale (1 - extremely disliked; 9 - extremely liked), the attributes of the two samples (global appreciation, appearance, aroma, flavour, texture, content of salt). They were also asked about the extent to which they would be willing to consume the samples if they were available in the market at a convenient price, whose answers were given on a scale of 1 to 10 points (1 - not at all willing; 10 - totally willing).

Given the exploratory nature of this preliminary study, the target sample size was set a priori at approximately 30 consumers based on feasibility and common practice for initial hedonic were unknown at this stage, no a priori power calculation was performed.

Ethical considerations

This exploratory sensory study involved healthy adult volunteers and did not include invasive procedures or the collection of sensitive personal data. All procedures were conducted in accordance with the ethical principles of the Declaration of Helsinki (1964) and its later amendments (34). Before participation, each volunteer received detailed information about the study's purpose, procedures, and ethical safeguards, and signed a written informed consent form confirming voluntary participation, the right to withdraw at any time, and the guarantee of confidentiality through anonymised data. Only after providing consent did participants receive the samples and the sensory evaluation questionnaire. The assessments were carried out under standardised and controlled conditions in a sensory laboratory.

Foi elaborado um questionário para a análise sensorial pelo painel de provadores (Ficheiro Suplementar 1), desenvolvido com base em práticas padrão de avaliação hedônica (33). O questionário incluía ainda questões de caracterização sociodemográfica, nomeadamente género, idade, estado civil, nacionalidade, concelho de residência, habilitações académicas e situação profissional. De seguida, foram questionados sobre a frequência de consumo de molhos para saladas/sandes (por exemplo, maionese normal ou light), com as seguintes opções de resposta: raramente; 1 vez por mês; 2-3 vezes por mês; 1-3 vezes por semana; 4-6 vezes por semana; todos os dias; e mais de uma vez por dia. Também foi solicitado que indicassem o tipo de molho para saladas/sandes que consumiam com maior frequência.

Posteriormente, os participantes provaram as amostras e atribuíram pontuações numa escala de *Likert* de 9 pontos (1 – desgostei extremamente; 9 – gostei extremamente) para os atributos das duas amostras: apreciação global, aparência, aroma, sabor, textura e teor de sal. Foi ainda avaliada a disposição dos participantes para consumir as amostras se estas estivessem disponíveis no mercado a um preço acessível, numa escala de 1 a 10 (1 – nada disposto; 10 – totalmente disposto).

Dada a natureza exploratória deste estudo preliminar, o tamanho amostral alvo foi definido a priori em cerca de 30 consumidores, com base na viabilidade e na prática comum em triagens hedônicas iniciais. No total, foram recrutados 31 participantes. Uma vez que os tamanhos de efeito e a variabilidade esperados eram desconhecidos nesta fase, não foi realizada uma análise de poder a priori.

Considerações éticas

Este estudo sensorial exploratório envolveu voluntários adultos saudáveis e não incluiu procedimentos invasivos nem a recolha de dados pessoais sensíveis. Todos os procedimentos foram conduzidos de acordo com os princípios éticos da Declaração de Helsínquia (1964) e suas posteriores emendas (34). Antes da participação, cada voluntário recebeu informação detalhada sobre os objetivos, procedimentos e salvaguardas éticas do estudo, tendo assinado um consentimento informado escrito que assegurava a participação voluntária, o direito de desistir a qualquer momento e a confidencialidade através da anonimização dos dados. Só após a assinatura do consentimento os participantes receberam as amostras e o questionário sensorial. As avaliações decorreram em condições controladas e padronizadas num laboratório sensorial.

Statistical analysis

The statistical analysis of the present study was performed using the IBM SPSS Statistics software, version 26 for Windows. Descriptive statistics consisted of calculating means and standard deviations (SD), medians and percentiles (P25; P75) and absolute (n) and relative (%) frequencies.

The normality of data distribution was assessed using the Shapiro–Wilk test. As most variables did not meet the assumption of normality, the Mann–Whitney test was used to compare distributions between independent samples. In addition to p-values, non-parametric effect sizes were reported for Mann–Whitney comparisons to quantify the magnitude of differences. Non-parametric effect sizes (r) were calculated as $r = |Z|/\sqrt{N}$, providing complementary information on the magnitude of differences. These values are reported in Supplementary Table S1. The null hypothesis was rejected when $p < 0.05$.

Results

Two lupin-based dressings were developed using a homemade mayonnaise recipe in which the egg was replaced by whole lupin preserved in brine. The fat component differed between formulations: one used extra virgin olive oil, while the other included a soy-based vegetable cream substitute.

Table 1 presents the nutritional composition of both lupin-based dressings and compares them with a selection of commercial mayonnaise products, including regular and light versions. The dressing prepared with olive oil showed a higher energy value and total fat content than the one made with vegetable cream. However, it had lower levels of protein, dietary fibre, saturated fat and salt. Both dressings had similar carbohydrate content.

Compared to commercial mayonnaise, the lupin-based dressing with olive oil had a lower energy value and lipid content than the standard versions and also than the Continente light mayonnaise. This formulation presented higher protein and fibre content than all commercial samples. Regarding carbohydrate content, it was higher than in regular mayonnaise but lower than in most light versions, with the exception of Vianeza light. Additionally, this dressing had the lowest salt and saturated fat content among all products analysed.

Análise estatística

A análise estatística foi realizada com recurso ao software IBM SPSS Statistics, versão 26 para Windows. As estatísticas descritivas incluíram o cálculo das médias e desvios-padrão (DP), medianas e percentis (P25; P75), bem como frequências absolutas (n) e relativas (%).

Normalidade da distribuição dos dados foi avaliada através do teste de Shapiro–Wilk. Dado que a maioria das variáveis não cumpriu o pressuposto de normalidade, utilizou-se o teste de Mann–Whitney para comparar distribuições entre amostras independentes. Para além dos valores de p, foram apresentados tamanhos de efeito não paramétricos nas comparações de Mann–Whitney, de modo a quantificar a magnitude das diferenças. Foram calculados tamanhos de efeito não paramétricos (r), segundo $r = |Z|/\sqrt{N}$, de forma a complementar a informação sobre a magnitude das diferenças. Estes resultados encontram-se apresentados na Tabela Suplementar S1. A hipótese nula foi rejeitada quando $p < 0,05$.

Resultados

Foram desenvolvidos dois molhos à base de tremço com base numa receita caseira de maionese, na qual o ovo foi substituído por tremço inteiro conservado em salmoura. A componente lipídica variou entre as formulações: uma utilizou azeite virgem extra e a outra recorreu a um substituto vegetal de natas à base de soja.

A Tabela 1 apresenta a composição nutricional de ambos os molhos à base de tremço e a sua comparação com uma seleção de maioneses comerciais, incluindo versões normais e *light*. O molho preparado com azeite apresentou um valor energético e um teor total de gordura superiores ao da versão com substituto vegetal. Contudo, revelou níveis mais baixos de proteína, fibra alimentar, gordura saturada e sal. Ambos os molhos apresentaram um teor de hidratos de carbono semelhante.

Em comparação com as maioneses comerciais, o molho à base de tremço com azeite teve um valor energético e teor lipídico inferiores às versões normais e também à maionese light da marca Continente. Esta formulação apresentou um conteúdo superior de proteína e fibra alimentar em relação a todas as amostras comerciais. No que respeita aos hidratos de carbono, o seu valor foi superior ao das maioneses normais, mas inferior ao da maioria das versões *light*,

Table 1 - Comparison of the nutritional composition of the lupin-based dressing with other mayonnaise-type dressings on the market in Portugal /**Tabela 1** - Comparação da composição nutricional do molho à base de tremço com outros molhos tipo maionese disponíveis no mercado em Portugal.

Nutritional Information / Informação Nutricional	Continente Normal	Heinz Normal	Vianeza Normal	Dressing A*	Dressing B**	Continente Light	Heinz Light	Vianeza Light
Energy (Kcal) / Energia (Kcal)	727	644	723	334	93.0.	351	267	181
Protein (g) / Proteína (g)	0.7	0.8	1.3	5.3	5.9	0.6	0.6	0.6
Carbohydrates (g) / Hidratos de carbono (g)	3	3	1.3	4	4	10	8	2.5
Sugars (g) / Açúcares (g)	2.5	1.5	1.3	0.2	0.2	2.9	3	2
Dietary Fibre (g) / Fibra alimentar (g)	---	---	---	1.7	1.8	0.5	---	0.1
Lipids (g) / Lípidos (g)	79	70	79	33	5.6	34	26	18.8
Saturated Lipids (g) / Ácidos gordos saturados (g)	8.7	11	12	0.1	0.6	8.2	4	2.5
Salt (g) / Sal (g)	0.9	1	1.7	0.7	0.8	1.5	1.7	1.3

*A – Lupin-based dressing with olive oil / Molho à base de tremço com azeite

**B – Lupin-based dressing with vegetable cream substitute / Molho à base de tremço com substituto vegetal de natas

Note: The nutritional composition of commercial mayonnaise comes from the packaging labels and Portuguese Food Nutritional Composition Table (30)./

Nota: A composição nutricional das maioneses comerciais foi obtida a partir dos rótulos das embalagens e da Tabela da Composição de Alimentos do Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge (30).

The sensory evaluation involved 31 Portuguese adult participants. The majority were female (80.6) with an average age of 33.7 years (standard deviation, 12.3). Most participants were single, held higher education degrees, lived in the northern region of Portugal, and 32.3% were students, as shown in Table 2. Regarding consumption habits, 45% of participants reported using salad or sandwich dressings such as mayonnaise two to three times per month. Mayonnaise-based dressings, including flavoured varieties like garlic or yoghurt, were the most frequently consumed by 59.0% of respondents.

In the sensory evaluation of the products, the dressing with olive oil achieved higher median scores in all assessed attributes, including global appreciation, appearance, aroma, flavour, texture and salt content, compared to the version with vegetable cream. All attributes received median scores above

com exceção da Vianeza *light*. Importa ainda destacar que este molho apresentou o teor mais baixo de sal e gordura saturada entre todos os produtos analisados.

A avaliação sensorial contou com a participação de 31 adultos portugueses. A maioria era do sexo feminino (80,6%), com uma idade média de 33,7 anos (desvio padrão de 12,3). A maioria dos participantes era solteira, possuía grau de ensino superior, residia na região Norte de Portugal, e 32,3% eram estudantes, conforme ilustrado na Tabela 2. Relativamente aos hábitos de consumo, 45% dos participantes referiram utilizar molhos para saladas ou sandes, como maionese, duas a três vezes por mês. Os molhos tipo maionese, incluindo variedades aromatizadas como alho ou iogurte, foram os mais frequentemente consumidos por 59,0% dos inquiridos.

Na avaliação sensorial dos produtos, o molho com azeite obteve medianas superiores em todos os atributos avaliados, incluindo apreciação global, aparência, aroma, sabor, textura e teor de sal, em comparação com a versão com substituto de natas vegetal. Todos os atributos receberam medianas

Table 2 - Sociodemographic characterization of the panel of tasters (n=31).

Table 2 - Características sociodemográficas dos participantes (n=31)..

Variable / Variável	n (%)
Sex / Sexo	
Male / Masculino	6 (19.4)
Female / Feminino	25 (80.6)
Age – Mean (SD) / Idade – Média (DP)	32.7 (12.3)
Nationality / Nacionalidade	
Portuguese / Portuguesa	31 (100.0)
Region / Região	
North / Norte	27 (87.1)
Centre / Centro	4 (12.9)
Education / Escolaridade	
High school / Ensino secundário	12 (38.7)
Licentiate degree / Licenciatura	4 (12.9)
Master's degree / Mestrado	7 (22.8)
Doctorate degree / Doutoramento	8 (25.8)
Marital status / Estado civil	
Married / Casado(a)	10 (32.3)
Single / Solteiro(a)	21 (67.7)
Professional situation / Situação profissional	
Research fellow / Bolseiro(a) de investigação	6 (19.4)
Unemployed / Desempregado(a)	2 (6.5)
Student / Estudante	10 (32.3)
Worker / Trabalhador(a)	13 (41.9)

5 on a 9-point hedonic scale. The highest score was recorded for appearance, with a median of 7 and an interquartile range between 6 and 8. Despite these positive trends, the differences between the two formulations were not statistically significant, as indicated in Table 3.

Table 4 summarises the panel's qualitative feedback on each dressing. Participants identified positive attributes in both versions, particularly in terms of appearance, the balance between lupin and vinegar flavour, and the creamy texture. However, some negative aspects were also noted, especially regarding aroma, a slightly grainy texture, and inconsistent perception of salt levels. In the case of the olive oil dressing, several participants mentioned an excessively strong olive oil aroma and taste.

Regarding willingness to consume the dressings if available on the market at an affordable price, the median score was 5, with an interquartile range of 3 to 8, for the olive oil version. The dressing with vegetable

superiores a 5 numa escala hedónica de 9 pontos. O atributo mais bem pontuado foi a aparência, com uma mediana de 7 e um intervalo interquartil entre 6 e 8. Apesar destas tendências positivas, não se verificaram diferenças estatisticamente significativas entre as duas formulações, conforme indicado na Tabela 3.

A Tabela 4 resume o feedback qualitativo do painel de provadores relativamente a cada molho. Os participantes identificaram atributos positivos em ambas as versões, com destaque para a aparência, o equilíbrio do sabor entre tremço e vinagre, e a textura cremosa. No entanto, foram também referidos alguns aspetos negativos, nomeadamente o aroma, uma ligeira textura granulosa e uma perceção inconsistente quanto ao teor de sal. No caso do molho com azeite, vários participantes mencionaram um aroma e sabor a azeite excessivamente intensos.

Relativamente à disposição para consumir os molhos caso estivessem disponíveis no mercado a um preço acessível, o molho com azeite obteve uma mediana de 5 (intervalo interquartil de 3 a

Table 3 - Score of the sensory analysis panel in relation to lupin-based dressings (n=31)**Table 3** - Pontuação do painel de análise sensorial relativamente aos molhos à base de tremçoço (n = 31)

Sensory Attribute / Atributo sensorial	Global Appreciation / Apreciação Global	Appearance / Aparência	Aroma / Aroma	Flavour / Sabor	Texture / Textura	Salt Content / Teor de sal
Lupin-based dressing with olive oil*/ Molho à base de tremçoço com azeite	6.0 (4.0; 7.0)	7.0 (6.0; 8.0)	6.0 (4.0; 7.0)	6.0 (4.0; 8.0)	6.0 (4.0; 7.0)	6.0 (5.0; 8.0)
Lupin-based dressing with vegetable cream substitute*/ Molho à base de tremçoço com substituto vegetal de natas	5.0 (4.0; 6.0)	6.0 (5.0; 7.0)	5.0 (4.0; 7.0)	5.0 (3.0; 6.0)	5.0 (3.0; 7.0)	6.0 (4.0; 8.0)
p-value**	0.12	0.112	0.381	0.214	0.257	0.535

* Values expressed as median (percentile 25; percentile 75)/ * Valores expressos como mediana (percentil 25; percentil 75)

** Mann-Whitney test; p < 0.05 considered statistically significant/

** Teste de Mann-Whitney; p < 0,05 considerado estatisticamente significativo

Table 4 - Positive and negative attributes identified by the sensory panel for the lupin-based dressings**Table 4** - Atributos positivos e negativos identificados pelo painel sensorial para os molhos à base de tremçoço

	Lupin-based sauce with olive oil / Molho à base de tremçoço com azeite		Lupin-based sauce with vegetable cream substitute / Molho à base de tremçoço com substituto de natas vegetais	
	n = 35	n (%)	n = 26	n (%)
Positive aspects / Aspetos positivos				
Appearance / Aparência	9	25.7	7	26.9
Aroma	2	5.7	2	7.7
Flavour / Sabor	10	28.6	10	38.5
Salt content / Teor de sal	4	11.4	2	7.7
Texture / Textura	10	28.6	5	19.2
Negative aspects / Aspetos negativos				
Appearance / Aparência	1	3.3	0	0
Aroma	5	16.7	7	17
Flavour / Sabor	12	40	18	45
Salt content / Teor de sal	5	16.7	3	7.5
Texture / Textura	8	26.7	12	30

cream substitute received a median score of 3, with an interquartile range of 2 to 6. These results indicate that although both formulations were generally well accepted, the olive oil-based dressing showed greater potential for consumer purchase intent.

8), enquanto o preparado com substituto vegetal obteve uma mediana de 3 (intervalo interquartil de 2 a 6). Estes resultados indicam que, embora ambas as formulações tenham sido geralmente bem aceites, o molho à base de azeite demonstrou maior potencial de intenção de compra por parte dos consumidores.

Discussion

This study investigated the potential of whole lupin as an innovative egg substitute in the formulation of mayonnaise-type dressings, with a dual focus on nutritional value and sensory acceptance. The findings confirm that lupin can serve as a viable plant-based alternative to egg, enabling the development of dressings with improved nutritional profiles and acceptable sensory characteristics.

Nutritionally, both lupin-based formulations stood out for their higher protein and dietary fibre content, as well as their reduced levels of saturated fat and sodium compared to commercial mayonnaises. These qualities are highly relevant given current public health priorities, particularly the need to reduce the intake of nutrients associated with chronic diseases such as cardiovascular conditions and hypertension (8,35). The use of whole lupin supports a minimally processed formulation, in line with global dietary recommendations that favour plant-based and fibre-rich foods (9,30).

From a functional standpoint, both emulsions appeared visually homogeneous and suitable for sensory evaluation. While prior research has focused on the use of lupin protein isolates (26,36), this study provides new evidence that whole lupin, including the seed coat, can successfully perform the role of emulsifier, supporting both textural consistency and nutritional integrity. This approach contributes to clean-label innovation and aligns with sustainability principles by reducing the need for refined or isolated ingredients (1,29).

Sensory analysis revealed an overall favourable response to both formulations, with the olive oil version consistently achieving higher median scores. This suggests that ingredient familiarity and flavour profile, influenced by the choice of fat, play important roles in consumer acceptance of novel products (16,37). Although no statistically significant differences were observed between the two formulations in any of the evaluated sensory attributes (all $p > 0.05$), the effect sizes were consistently small ($r < 0.20$). The olive oil version nevertheless tended to achieve slightly higher median scores, particularly in global

Discussão

Este estudo investigou o potencial do tremço inteiro como substituto inovador do ovo na formulação de molhos tipo maionese, com um duplo enfoque no valor nutricional e na aceitação sensorial. Os resultados confirmam que o tremço pode servir como uma alternativa vegetal viável ao ovo, permitindo o desenvolvimento de molhos com perfis nutricionais melhorados e características sensoriais aceitáveis.

Do ponto de vista nutricional, ambas as formulações à base de tremço destacaram-se pelo maior teor de proteína e de fibra alimentar, bem como pelos níveis reduzidos de gordura saturada e de sódio, em comparação com as maioneses comerciais. Estas qualidades são particularmente relevantes face às prioridades atuais de saúde pública, nomeadamente a necessidade de reduzir a ingestão de nutrientes associados a doenças crónicas, como patologias cardiovasculares e hipertensão (8,35). A utilização do tremço inteiro favorece uma formulação minimamente processada, em linha com as recomendações alimentares globais que promovem alimentos de origem vegetal e ricos em fibra (9,30).

Do ponto de vista funcional, ambas as emulsões apresentaram aparência visualmente homogénea e adequada para avaliação sensorial. Embora a investigação anterior se tenha centrado na utilização de isolados proteicos de tremço (26,36), o presente estudo fornece novas evidências de que o tremço inteiro, incluindo a casca, pode desempenhar com sucesso o papel de emulsificante, contribuindo simultaneamente para a consistência da textura e para a integridade nutricional. Esta abordagem favorece a inovação em produtos clean label e está alinhada com os princípios da sustentabilidade, ao reduzir a necessidade de ingredientes refinados ou isolados (1,29).

A análise sensorial revelou uma resposta globalmente favorável a ambas as formulações, sendo que a versão com azeite alcançou, de forma consistente, medianas superiores. Tal sugere que a familiaridade com os ingredientes e o perfil de sabor, influenciado pela escolha da gordura, desempenham papéis importantes na aceitação de produtos inovadores por parte dos consumidores (16,37). Embora não tenham sido observadas diferenças estatisticamente significativas entre as duas formulações em nenhum dos atributos sensoriais avaliados (todas as $p > 0,05$), os tamanhos de efeito foram consistentemente pequenos ($r < 0,20$). Ainda assim, a versão com azeite tendeu a obter medianas ligeiramente superiores, sobretudo na apreciação global e no

appreciation and flavour. This non-significant trend suggests that ingredient familiarity and the sensory profile of olive oil may have influenced consumer perception, even though the soy-based formulation performed comparably. These exploratory findings indicate that both lupin-based emulsions are acceptable to consumers, with differences too subtle to be detected in this sample. It should also be noted that the sensory tests were conducted under controlled laboratory conditions and with samples evaluated in isolation, which does not reflect real consumption scenarios such as use in sandwiches or salads. This limitation may affect the practical relevance of the results, as sensory attributes can be perceived differently when products are consumed together with other ingredients.

Some criticisms were raised regarding aroma intensity and grainy mouthfeel, particularly in the olive oil-based dressing. These are likely due to the inclusion of whole lupin, which, while nutritionally advantageous, may compromise textural smoothness. Texture remains a key determinant in consumer acceptance, particularly in plant-based emulsified products (19,38). Future improvements may involve particle size reduction or the use of natural stabilisers to enhance smoothness without compromising the clean-label appeal (25). No statistically significant differences were observed between formulations. However, small effect sizes ($r = 0.11$ – 0.20) consistently favoured the soy-based version across sensory attributes (Supplementary Table S1).

The greater willingness to consume the olive oil version further reinforces its potential for market success, especially if positioned as a healthier and more familiar alternative to conventional mayonnaise. Nevertheless, affordability remains a barrier for plant-based innovation, highlighting the need for competitive pricing strategies (13,39). A further consideration for the commercialisation of lupin-based dressings is their allergenic potential, as lupin is among the 14 allergens legally recognised under EU Regulation No 1169/2011 (40). This entails mandatory labelling and clear risk communication to consumers. While lupin provides nutritional and sustainability benefits, its allergenicity must be carefully addressed in product formulation, marketing and consumer acceptance.

sabor. Esta tendência, embora não significativa, sugere que a familiaridade com o azeite e o seu perfil sensorial poderão ter influenciado a percepção dos consumidores, apesar de a formulação com base de soja ter apresentado um desempenho comparável. Estes resultados exploratórios indicam que ambas as emulsões à base de tremço são aceitáveis para os consumidores, sendo as diferenças demasiado subtis para serem detetadas nesta amostra. Deve também salientar-se que os testes sensoriais foram realizados em condições laboratoriais controladas e com amostras avaliadas isoladamente, o que não reflete cenários reais de consumo, como a utilização em sandes ou saladas. Esta limitação pode afetar a relevância prática dos resultados, uma vez que os atributos sensoriais podem ser percecionados de forma diferente quando os produtos são consumidos em conjunto com outros alimentos.

Foram apontadas algumas críticas quanto à intensidade do aroma e à sensação ligeiramente granulosa, sobretudo no molho à base de azeite. Estes aspetos deverão dever-se à utilização do tremço inteiro que, embora nutricionalmente vantajoso, pode comprometer a suavidade da textura. A textura continua a ser um dos principais determinantes da aceitação do consumidor, particularmente em produtos emulsificados de base vegetal (19,38). Melhorias futuras poderão passar pela redução do tamanho das partículas ou pela utilização de estabilizantes naturais que melhorem a suavidade sem comprometer o perfil clean label (25). Não se observaram diferenças estatisticamente significativas entre as formulações; contudo, tamanhos de efeito pequenos ($r = 0,11$ – $0,20$) favoreceram consistentemente a versão com base de soja nos diferentes atributos sensoriais (Tabela Suplementar S1).

A maior disposição para o consumo da versão com azeite reforça o seu potencial de sucesso no mercado, especialmente se for posicionada como uma alternativa mais saudável e familiar à maionese convencional. Ainda assim, o preço continua a representar uma barreira à inovação baseada em produtos de origem vegetal, salientando a necessidade de estratégias de preço competitivas (13,39). Outro aspeto a considerar na comercialização dos molhos à base de tremço é o seu potencial alergénico, dado que o tremço integra a lista dos 14 alergénios legalmente reconhecidos pelo Regulamento (UE) n.º 1169/2011 (40). Tal implica rotulagem obrigatória e comunicação clara do risco aos consumidores. Embora o tremço apresente benefícios nutricionais e de sustentabilidade, a sua alergenicidade deve ser cuidadosamente abordada na formulação, no marketing e na aceitação do consumidor.

Importantly, this study adds to growing evidence that lupin-derived foods are well received by consumers, especially when incorporated into familiar food formats (28). It also contributes to the underexplored area of using whole lupin in emulsified products, reinforcing the legume's potential as a functional and sustainable egg substitute (28).

In light of global efforts to promote sustainable, health-oriented food systems, the development of egg-free, lupin-based dressings represents an important step toward diversifying plant-based product offerings (41). Legumes such as lupin are central to sustainable agriculture and nutritional security, especially in Mediterranean regions where they are well adapted (20,22,24). As such, lupin-based mayonnaise-type dressings offer a concrete example of how innovation, health, and sustainability can converge in product development (4,5,10).

Limitations and future research

This study presents several limitations that should be taken into account when interpreting the results. First, the nutritional composition of the lupin-based dressings was estimated using food composition tables and commercial labels rather than laboratory analyses. While this approach is suitable for an exploratory study and provides a cost-effective estimate of nutritional value, it may not accurately reflect the actual composition, particularly with regard to micronutrients and bioactive compounds (42). Future studies should therefore employ laboratory methods to provide a more complete characterisation of the chemical composition, including amino acid profiles, fatty acid content, and micronutrient levels.

Second, the sensory evaluation was conducted with a small convenience sample, mostly composed of students and staff from the same academic institution. Although the number of participants met the minimum recommended for hedonic tests (33), the limited demographic diversity restricts the generalisability of the findings. Future research should include larger and more heterogeneous samples in order to strengthen the robustness of the data and provide a broader understanding of consumer preferences across different age groups, dietary patterns, and cultural contexts.

Importa realçar que este estudo acrescenta evidência à literatura crescente que demonstra que os alimentos à base de tremço são bem aceites pelos consumidores, especialmente quando incorporados em formatos alimentares familiares (28). Contribui igualmente para uma área ainda pouco explorada, a utilização do tremço inteiro em produtos emulsificados, reforçando o potencial desta leguminosa como substituto funcional e sustentável do ovo (28).

Tendo em conta os esforços globais para promover sistemas alimentares sustentáveis e orientados para a saúde, o desenvolvimento de molhos sem ovo à base de tremço representa um passo importante na diversificação da oferta de produtos de origem vegetal (41). Leguminosas como o tremço são essenciais para a agricultura sustentável e para a segurança nutricional, sobretudo nas regiões mediterrânicas onde se encontram bem adaptadas (20,22,24). Assim, os molhos tipo maionese com base em tremço constituem um exemplo concreto de como a inovação, a saúde e a sustentabilidade podem convergir no desenvolvimento de novos produtos alimentares (4,5,10).

Limitações e investigação futura

Este estudo apresenta várias limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. Em primeiro lugar, a composição nutricional dos molhos à base de tremço foi estimada a partir de tabelas de composição de alimentos e de rótulos comerciais, e não através de análises laboratoriais. Embora esta abordagem seja adequada para um estudo exploratório e permita uma estimativa económica do valor nutricional, pode não refletir com exatidão a composição real, nomeadamente no que respeita aos micronutrientes e compostos bioativos (42). Estudos futuros deverão, por isso, recorrer a métodos laboratoriais para obter uma caracterização mais completa da composição química, incluindo o perfil de aminoácidos, o teor de ácidos gordos e de micronutrientes.

Em segundo lugar, a avaliação sensorial foi realizada com uma amostra de conveniência reduzida, composta maioritariamente por estudantes e colaboradores da mesma instituição académica. Embora o número de participantes cumpra o mínimo recomendado para testes hedónicos (33), a reduzida diversidade demográfica limita a generalização dos resultados. Futuras investigações deverão incluir amostras maiores e mais heterogêneas, de modo a

Another limitation is that the sensory tests were conducted under controlled laboratory conditions and with samples evaluated in isolation, which does not reflect real-life consumption scenarios. This may limit the practical relevance of the results, as attributes such as texture or saltiness, which were rated less positively in isolated tasting, might be better accepted or even valued when combined with other ingredients, such as in sandwiches or salads (38). Future studies should therefore test lupin-based dressings in everyday culinary contexts.

The absence of a commercial mayonnaise control also prevented direct comparison with widely available products. This should be addressed in subsequent research by including commercial references.

The lack of an a priori power analysis constitutes another limitation. As this was a preliminary study, with unknown variability and effect sizes, the sample size was defined pragmatically. Future studies should incorporate a priori power calculations and recruit larger, more diverse samples to ensure sufficient statistical power to detect small to moderate differences.

Furthermore, no objective stability analyses (e.g., droplet size distribution, viscosity, phase separation, or shelf-life) were performed. Including such parameters in future work will allow a more comprehensive assessment of the technological performance of lupin-based emulsions.

It is also recommended that future reformulations address the issues identified by the sensory panel, particularly those related to texture and aroma. Potential strategies include refining the particle size of the lupin base, adjusting acidic components, or incorporating natural flavour-masking agents. Exploring alternative lipid sources or emulsification techniques may also enhance sensory appeal while preserving the clean-label and natural profile of the product (28).

reforçar a robustez dos dados e proporcionar uma compreensão mais ampla das preferências dos consumidores em diferentes faixas etárias, padrões alimentares e contextos culturais.

Outra limitação prende-se com o facto de os testes sensoriais terem sido conduzidos em condições laboratoriais controladas e com amostras avaliadas isoladamente, o que não reproduz cenários de consumo reais. Tal pode limitar a relevância prática dos resultados, uma vez que atributos como textura ou teor de sal, menos valorizados em provas isoladas, podem ser melhor aceites ou até apreciados quando combinados com outros alimentos, como em sandes ou saladas (38). Estudos futuros deverão, portanto, testar os molhos à base de tremço em contextos culinários do quotidiano.

A ausência de uma maionese comercial como controlo impediu igualmente a comparação direta com produtos amplamente disponíveis no mercado, o que deverá ser colmatado em trabalhos futuros com a inclusão de referências comerciais.

A inexistência de uma análise de poder (power analysis) a priori constitui outra limitação. Sendo este um estudo preliminar, com variabilidade e tamanhos de efeito desconhecidos, o tamanho amostral foi definido de forma pragmática. Investigações futuras deverão incorporar cálculos de poder a priori e recrutar amostras mais amplas e diversificadas, garantindo potência estatística suficiente para detetar diferenças pequenas a moderadas.

Além disso, não foram realizadas análises objetivas de estabilidade (como distribuição do tamanho das gotículas, viscosidade, separação de fases ou tempo de prateleira). A inclusão destes parâmetros em estudos subsequentes permitirá uma avaliação mais completa do desempenho tecnológico das emulsões à base de tremço.

Recomenda-se ainda que futuras reformulações abordem as questões identificadas pelo painel sensorial, nomeadamente as relacionadas com textura e aroma. Estratégias possíveis incluem o refinamento do tamanho das partículas do tremço, o ajustamento dos componentes ácidos ou a incorporação de agentes naturais de mascaramento de sabor. A exploração de outras fontes lipídicas ou de técnicas alternativas de emulsificação poderá também contribuir para aumentar o apelo sensorial, mantendo o perfil clean label e natural do produto (28).

Finally, understanding the true market potential requires not only technical and sensory optimisation but also studies on consumer behaviour and perception (37). Investigating factors such as price sensitivity, packaging preferences, and health-related motivations will be essential to guide product positioning and communication strategies (39). Collaboration with food industry partners may further facilitate pilot-scale production and consumer testing in retail or foodservice environments (43), supporting the eventual commercialisation of lupin-based mayonnaise alternatives.

Conclusion

In conclusion, lupin-based mayonnaise-type dressings demonstrated promising nutritional and sensory potential. The soy-based formulation showed a more favourable nutritional profile, with lower energy and fat and higher protein and fibre contents, although with slightly higher levels of salt and saturated fat. Conversely, the olive oil formulation achieved consistently higher sensory ratings and greater willingness to consume, indicating stronger consumer appeal. These results highlight the dual challenge of product optimisation, where sensory acceptance and nutritional improvement must be balanced to ensure both market viability and public health value. At the same time, some important considerations must be acknowledged. Objective stability parameters (droplet size distribution, viscosity, phase separation, and shelf-life) were not measured, and sensory tests were conducted under controlled laboratory conditions rather than in real-world consumption contexts. Furthermore, the absence of a commercial mayonnaise control limited direct comparison with established products. Finally, lupin is a legally recognised allergen under EU Regulation No 1169/2011, requiring mandatory labelling and careful risk communication to consumers. Overall, these findings support the potential of lupin as a sustainable and functional egg substitute in emulsion-based products, while underlining the need for further research on technological performance, allergen perception, and consumer acceptance in everyday culinary settings.

Por último, compreender o verdadeiro potencial de mercado exige não apenas otimização técnica e sensorial, mas também estudos sobre o comportamento e a percepção do consumidor (37). Investigar fatores como a sensibilidade ao preço, as preferências de embalagem e as motivações relacionadas com a saúde será fundamental para orientar as estratégias de posicionamento e comunicação (39). A colaboração com parceiros da indústria alimentar poderá ainda facilitar a produção em escala piloto e a realização de testes com consumidores em contextos de retalho ou restauração (43), apoiando a futura comercialização de alternativas à maionese à base de tremço.

Conclusões

Em conclusão, os molhos tipo maionese à base de tremço demonstraram potencial sensorial e nutricional promissor. A formulação com base de soja apresentou um perfil nutricional mais favorável, com menor teor energético e de gordura e maior teor proteico e de fibra, embora com valores ligeiramente superiores de sal e gordura saturada. Por outro lado, a formulação com azeite alcançou classificações sensoriais mais elevadas e maior intenção de consumo, revelando maior atratividade junto dos consumidores. Estes resultados evidenciam o duplo desafio da otimização do produto, em que é necessário equilibrar a aceitação sensorial com a melhoria nutricional, assegurando simultaneamente viabilidade de mercado e valor em saúde pública. Importa, no entanto, reconhecer algumas limitações. Não foram medidos parâmetros objetivos de estabilidade (distribuição do tamanho das gotículas, viscosidade, separação de fases ou vida útil), e os testes sensoriais decorreram em condições laboratoriais controladas, não refletindo contextos reais de consumo. Além disso, a ausência de uma maionese comercial como controlo limitou a comparação direta com produtos de referência no mercado. Por fim, o tremço constitui um alérgico legalmente reconhecido pelo Regulamento (UE) n.º 1169/2011, implicando rotulagem obrigatória e comunicação de risco adequada aos consumidores. No seu conjunto, estes resultados sustentam o potencial do tremço como substituto sustentável e funcional do ovo em produtos emulsificados, sublinhando a necessidade de investigações adicionais sobre o desempenho tecnológico, a percepção do risco alérgico e a aceitação em contextos culinários quotidianos.

Authors Contributions Statement

LO, conceptualization and study design; LO, data collection and organisation; LO, data processing in Excel and statistical analysis in SPSS; LO, interpretation of results and manuscript drafting; LO, preparation of figures and tables; LO, critical review and final writing of the article.

Funding

This work was co-financed by the Northern Regional Operational Programme (Norte2020), under the PORTUGAL 2020 Partnership Agreement, through the European Regional Development Fund (ERDF), within the scope of the Innovation Track Call and Programme, as part of the Northern AgroFood-Environment Innovation Project – NAFEI (NORTE-01-0246-FEDER-000032).

Acknowledgements

The author would like to express their gratitude to all participants involved, as well as to Dr. Marta Guimarães (KitchenLab) for her logistical support during the sensory analysis study.

Conflict of Interests

The author declares there are no financial and/or personal relationships that could present a potential conflict of interests.

Declaração sobre as contribuições do autor

LO, concepção e desenho do estudo; LO, recolha e organização dos dados; LO, tratamento dos dados em Excel e análise estatística em SPSS; LO, interpretação dos resultados e redação do manuscrito; LO, elaboração de gráficos e tabelas; LO, revisão crítica e redação final do artigo.

Financiamento

Este trabalho foi cofinanciado pelo Programa Operacional Regional do Norte (Norte2020), ao abrigo do Acordo de Parceria PORTUGAL 2020, através da implementação do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER), no âmbito do Concurso e Programa Innovation Track inserido no Projeto Northern AgroFood-Environment Innovation - NAFEI (NORTE-01-0246-FEDER-000032).

Agradecimentos

O autor deseja expressar os seus agradecimentos a todos os participantes envolvidos, bem como à Dr. Marta Guimarães (KitchenLab) pelo apoio logístico durante a realização do estudo de análise sensorial.

Conflito de Interesses

O autor declara que não há relações financeiras e/ou pessoais que possam representar um potencial conflito de interesses.

References / Referências

1. Drewnowski, A., Finley, J., Hess, J. M., Ingram, J., Miller, G., & Peters, C. (2020). Toward Healthy Diets from Sustainable Food Systems. *Current Developments in Nutrition*, 4(6), nzaa083. doi:https://doi.org/10.1093/cdn/nzaa083
2. Chen, C., Chaudhary, A., & Mathys, A. (2022). Dietary Change and Global Sustainable Development Goals. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 771041. doi:10.3389/fsufs.2022.771041
3. Schulze, M., Janssen, M., & Aschemann-Witzel, J. (2024). How to move the transition to sustainable food consumption towards a societal tipping point. *Technological Forecasting and Social Change*, 203, 123329. doi:https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123329
4. Alcorta, A., Porta, A., Tárrega, A., Alvarez, M. D., & Vaquero, M. P. (2021). Foods for Plant-Based Diets: Challenges and Innovations. *Foods*, 10(2). doi:10.3390/foods10020293
5. Gil, M., Rudy, M., Duma-Kocan, P., Stanisławczyk, R., Krajewska, A., Dziki, D., & Hassoon, W. H. (2024). Sustainability of Alternatives to Animal Protein Sources, a Comprehensive Review. *Sustainability*, 16(17), 7701. https://doi.org/10.3390/su16177701
6. Łuszczki, E., Boakye, F., Zielińska, M., Dereń, K., Bartosiewicz, A., Oleksy, Ł., & Stolarczyk, A. (2023). Vegan diet: nutritional components, implementation, and effects on adults' health. *Frontiers in nutrition*, 10, 1294497. doi:10.3389/fnut.2023.1294497
7. Simons, J., Vierboom, C., Klink-Lehmann, J., Härten, I., & Hartmann, M. (2021). Vegetarianism/Veganism: A Way to Feel Good. *Sustainability*, 13(7), 3618. https://doi.org/10.3390/su13073618
8. Aune D. (2019). Plant Foods, Antioxidant Biomarkers, and the Risk of Cardiovascular Disease, Cancer, and Mortality: A Review of the Evidence. *Advances in nutrition (Bethesda, Md.)*, 10(Suppl_4), S404–S421. https://doi.org/10.1093/advances/nmz0429.
9. Almontashiri, S. A., Alsubaie, F. F., & Alotaybi, M. (2025). Plant-Based Diets and Their Role in Preventive Medicine: A Systematic Review of Evidence-Based Insights for Reducing Disease Risk. *Cureus*, 17(2), e78629. doi:10.7759/cureus.78629
10. Espinosa-Marrón, A., Adams, K., Sinno, L., Cantu-Aldana, A., Tamez, M., Marrero, A., Bhupathiraju, S. N., & Mattei, J. (2022). Environmental Impact of Animal-Based Food Production and the Feasibility of a Shift Toward Sustainable Plant-Based Diets in the United States. *Frontiers in Sustainability*, 3, 841106. doi:10.3389/frsus.2022.841106
11. Raghoobar, S., Van Kleef, E., & De Vet, E. (2020). Increasing the Proportion of Plant-Based Foods Available to Shift Social Consumption Norms and Food Choice among Non-Vegetarians. *Sustainability*, 12(13), 5371. https://doi.org/10.3390/su12135371
12. Kumari, S., Alam, A. N., Hossain, M. J., Lee, E. Y., Hwang, Y. H., & Joo, S. T. (2023). Sensory Evaluation of Plant-Based Meat: Bridging the Gap with Animal Meat, Challenges and Future Prospects. *Foods*, 13(1). doi:10.3390/foods13010108
13. Li, J., Silver, C., Gómez, M. I., Milstein, M., & Sogari, G. (2023). Factors influencing consumer purchase intent for meat and meat substitutes. *Future Foods*, 7, 100236. doi:https://doi.org/10.1016/j.fufo.2023.100236
14. Mirzanajafi-Zanjani, M., Yousefi, M., & Ehsani, A. (2019). Challenges and approaches for production of a healthy and functional mayonnaise sauce. *Food science & nutrition*, 7(8), 2471–2484. https://doi.org/10.1002/fsn3.1132
15. Suhag, R. (2024). Egg Yolk, a Multifunctional Emulsifier: New Insights on Factors Influencing and Mechanistic Pathways in Egg Yolk Emulsification. *Applied Sciences*, 14(21), 9692. https://doi.org/10.3390/app14219692
16. Lee, J., & Kim, K. (2025). Consumer Acceptance and Perceived Sensory Characteristics of Commercial Vegan Mayonnaise. *Foods*, 14(9), 1542. https://doi.org/10.3390/foods14091542
17. Lisciani, S., Marconi, S., Le Donne, C., Camilli, E., Aguzzi, A., Gabrielli, P., Gambelli, L., Kunert, K., Marais, D., Vorster, B. J., Alvarado-Ramos, K., Reboul, E., Cominelli, E., Preite, C., Sparvoli, F., Losa, A., Sala, T., Botha, A.-M., & Ferrari, M. (2024). Legumes and common beans in sustainable diets: nutritional quality, environmental benefits, spread and use in food preparations. *Frontiers in nutrition*, 11, 1385232. https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1385232
18. Náthia-Neves, G., Getachew, A. T., Santana, Á. L., & Jacobsen, C. (2025). Legume Proteins in Food Products: Extraction Techniques, Functional Properties, and Current Challenges. *Foods*, 14(9), 1626. https://doi.org/10.3390/foods14091626
19. Kyriakopoulou, K., Keppler, J. K., & van der Goot, A. J. (2021). Functionality of Ingredients and Additives in Plant-Based Meat Analogues. *Foods*, 10(3). doi:10.3390/foods10030600
20. Gresta, F., Oteri, M., Scordia, D., Costale, A., Armone, R., Meineri, G., & Chiofalo, B. (2023). White Lupin (*Lupinus albus* L.), an Alternative Legume for Animal Feeding in the Mediterranean Area. *Agriculture*, 13(2), 434. https://doi.org/10.3390/agriculture13020434
21. Pereira, A., Ramos, F., & Sanches Silva, A. (2022). Lupin (*Lupinus albus* L.) Seeds: Balancing the Good and the Bad and Addressing Future Challenges. *Molecules*, 27(23). doi:10.3390/molecules27238557
22. Johnson, S. K., Clements, J., Villarino, C. B. J., & Coorey, R. (2017). Chapter 8 - Lupins: Their Unique Nutritional and Health-Promoting Attributes. In J. R. N. Taylor & J. M. Awika (Eds.), *Gluten-Free Ancient Grains* (pp. 179-221): Woodhead Publishing.
23. Krawęcka, A., Sobota, A., & Zarzycki, P. (2022). The Effect of the Addition of Low-Alkaloid Lupine Flour on the Glycemic Index In Vivo and the Physicochemical Properties and Cooking Quality of Durum Wheat Pasta. *Foods*, 11(20). doi:10.3390/foods11203216
24. Quiñones, M. A., Lucas, M. M., & Pueyo, J. J. (2022). Adaptive Mechanisms Make Lupin a Choice Crop for Acidic Soils Affected by Aluminum Toxicity. *Frontiers in Plant Science*, 12, 810692. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.810692
25. Pereira, R. C., Bourbon, A. I., Azevedo, A. G., Figueira, D., Castelo-Branco, D., Rocha, C., Lima, R. C., Cunha, L. M., Pastrana, L. M., & Cerqueira, M. A. (2024). Mayonnaise produced by ultrasound-assisted emulsification using plant-based and “clean label” ingredients. *Food Bioscience*, 61, 104847. doi:https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104847
26. Raymundo, A., Franco, J. M., Empis, J., & Sousa, I. (2002). Optimization of the composition of low-fat oil-in-water emulsions stabilized by white lupin protein. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 79(8), 783-790. doi:10.1007/s11746-002-0559-6
27. Akcicek, A., Karasu, S., Bozkurt, F., & Kayacan, S. (2022). Egg Yolk-Free Vegan Mayonnaise Preparation from Pickering Emulsion Stabilized by Gum Nanoparticles with or without Loading Olive Pomace Extracts. *ACS Omega*, 7(30), 26316-26327. doi:10.1021/acsomega.2c02149
28. Abreu, B., Lima, J., & Rocha, A. (2023). Consumer Perception and Acceptability of Lupin-Derived Products: A Systematic Review. *Foods*, 12(6), 1241. https://doi.org/10.3390/foods12061241
29. Rabbi, M. F., & Amin, M. B. (2024). Circular economy and sustainable practices in the food industry: A comprehensive bibliometric analysis. *Cleaner and Responsible Consumption*, 14, 100206. doi:https://doi.org/10.1016/j.clrc.2024.100206
30. Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L. J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J. A., De Vries, W., Majele Sibanda, L., Afshin, A., Chaudhary, A., Herrero,

- M., Agustina, R., Branca, F., Lartey, A., Fan, S., Crona, B., Fox, E., Bignet, V., Troell, M., Lindahl, T., Singh, S., Cornell, S. E., Srinath Reddy, K., Narain, S., Nishtar, S., & Murray, C. J. L. (2019). Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet*, 393(10170), 447-492. doi:10.1016/s0140-6736(18)31788-4
31. Comissão Europeia. (2003). Regulamento (CE) N.º 1829/2003 do parlamento europeu e do conselho de 22 de Setembro de 2003 relativo a géneros alimentícios e alimentos para animais geneticamente modificados. *Jornal Oficial da União Europeia*, L 268/261. doi:http://data.europa.eu/eli/reg/2003/1829/oj
32. INSA. (2023). Tabela da Composição de Alimentos. v 6.0 - 2023. Retrieved from <https://portfir-insa.min-saude.pt/#>
33. Teixeira, L. V. (2013). Análise sensorial na indústria de alimentos. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, 64(366), 10. Retrieved from <https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/70>
34. WMA. (2014). World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *Journal of the American College of Dentists*, 81(3), 14-18. <https://www.acd.org/wp-content/uploads/2018/01/jacd-81-1-2014-3.pdf>
35. Malekipoor, R., Johnson, S. K., & Bhattarai, R. R. (2022). Lupin Kernel Fibre: Nutritional Composition, Processing Methods, Physicochemical Properties, Consumer Acceptability and Health Effects of Its Enriched Products. *Nutrients*, 14(14). doi:10.3390/nu14142845
36. Alu'datt, M. H., Rababah, T., Alhamad, M. N., Ereifej, K., Gammoh, S., Kubow, S., & Tawalbeh, D. (2017). Preparation of mayonnaise from extracted plant protein isolates of chickpea, broad bean and lupin flour: chemical, physiochemical, nutritional and therapeutic properties. *Journal of Food Science and Technology*, 54(6), 1395-1405. doi:10.1007/s13197-017-2551-6
37. Jaeger, S. R., Meiselman, H. L., & Giacalone, D. (2025). Sensory and consumer science: A complex, expanding, and interdisciplinary field of science. *Food Quality and Preference*, 122, 105298. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2024.105298>
38. Lockett, C. R., & Seo, H.-S. (2015). Consumer Attitudes Toward Texture and Other Food Attributes. *Journal of Texture Studies*, 46(1), 46-57. doi:<https://doi.org/10.1111/jtxs.12110>
39. Czczotko, M., Górka-Warsewicz, H., & Zaremba, R. (2022). Health and Non-Health Determinants of Consumer Behavior toward Private Label Products-A Systematic Literature Review. *International journal of environmental research and public health*, 19(3). doi:10.3390/ijerph19031768
40. European Parliament and Council of the European Union. (2011). Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council of 25 October 2011 on the provision of food information to consumers, amending Regulations (EC) No 1924/2006 and (EC) No 1925/2006 of the European Parliament and of the Council, and repealing Commission Directive 87/250/EEC, Council Directive 90/496/EEC, Commission Directive 1999/10/EC, Directive 2000/13/EC of the European Parliament and of the Council, Commission Directives 2002/67/EC and 2008/5/EC and Commission Regulation (EC) No 608/2004. *Official Journal of the European Union*, (L 304), 18-63.
41. Hoehnel, A., Zannini, E., & Arendt, E. K. (2022). Targeted formulation of plant-based protein-foods: Supporting the food system's transformation in the context of human health, environmental sustainability and consumer trends. *Trends in Food Science & Technology*, 128, 238-252. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.08.007>
42. Ellwood, K., Balentine, D. A., Dwyer, J. T., Erdman, J. W., Gaine, P. C., & Kwik-Urbe, C. L. (2014). Considerations on an Approach for Establishing a Framework for Bioactive Food Components. *Advances in Nutrition*, 5(6), 693-701. doi:<https://doi.org/10.3945/an.114.006312>
43. Riandita, A. (2022). To collaborate and innovate for sustainability: Food retailers and their external partners. *Technological Forecasting and Social Change*, 180, 121681. doi:<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121681>

Appendices / Apêndices

Supplementary File 1 - Questionnaire of the "Salad Dressing" Acceptance Test

Ficheiro Suplementar 1 - Questionário do Teste de aceitação "Molho para saladas/sandes".....[p. 20](#)

Supplementary Table S1. Non-parametric effect sizes (r) for Mann–Whitney tests comparing olive oil vs soy-based lupin dressings across sensory attributes.

Tabela Suplementar S1. Tamanhos de efeito não paramétricos (r) dos testes de Mann–Whitney comparando os molhos de tremçoço com azeite vs base de soja nos atributos sensoriais.....[p. 24](#)

Supplementary File 1 - "Salad/Sandwich Dressing" Acceptance Test Questionnaire
Ficheiro Suplementar 1 - Questionário do Teste de Aceitação "Molho para Salada/Sandes"

Caracterização sociodemográfica

1. **Sexo** (assinale com um X)
☐ Masculino
☐ Feminino
☐ Outro: _____
2. **Idade:** |_____| anos
3. **Estado civil** (assinale com um X)
☐ Solteiro(a)
☐ Casado(a) / União de facto
☐ Outro: _____
4. **Nacionalidade** (assinale com um X)
☐ Portuguesa
☐ Outra: _____
5. **Concelho de residência:** _____
6. **Habilitações literárias** (assinale com um X)
☐ 12.º ano / CET
☐ Licenciatura
☐ Mestrado
☐ Doutoramento
☐ Outro: _____
7. **Situação profissional** (assinale com um X)
☐ Estudante
☐ Bolseiro de investigação
☐ Trabalhador por conta de outrem
☐ Outro: _____
8. **Frequência de consumo de molhos para salada/sandes (ex.: maionese normal ou light)**
(assinale com um X)
☐ Raramente
☐ 1 vez por mês
☐ 2–3 vezes por mês
☐ 1–3 vezes por semana
☐ 4–6 vezes por semana
☐ Todos os dias
☐ Mais de 1 vez por dia
9. **Que molho costuma consumir com mais frequência?**

Análise Sensorial — Amostra 850

1. **Apreciação global**
Indique a sua opinião de acordo com a escala abaixo:

1 = desgostei extremamente
2 = desgostei muito
3 = desgostei moderadamente

Supplementary File 1 (cont.) - Questionnaire of the "Salad/Sandwich Dressing" Acceptance Test
Ficheiro Suplementar 1 (cont.) - Questionário do Teste de aceitação "Molho para saladas/sandes"

- 4 = desgostei ligeiramente
5 = nem gostei / nem desgostei
6 = gostei ligeiramente
7 = gostei moderadamente
8 = gostei muito
9 = gostei extremamente

Classificação: |__|

2. Atributos sensoriais

(1 = desgostei extremamente; 9 = gostei extremamente)

Atributo 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Aparência ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Aroma ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Sabor ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Textura ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Teor de sal ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

3. Aspetos positivos

4. Aspetos negativos

5. Intenção de consumo

Até que ponto estaria disposto(a) a consumir esta amostra caso estivesse disponível no mercado a um preço acessível?

Escala: 1 (Nada disposto) ... 10 (Totalmente disposto)

Classificação: |__|

6. Comparação com o molho habitual

Em comparação com o molho que costuma consumir:

☐ Muito pior

☐ Pior

☐ Igual

☐ Melhor

☐ Muito melhor

Análise Sensorial — Amostra 070

(Mesma estrutura apresentada para a Amostra 850, substituindo apenas "850" por "070".)

Fim do questionário

Obrigado pela sua participação!

Supplementary File 1 (cont.) - Questionnaire of the "Salad/Sandwich Dressing" Acceptance Test
Ficheiro Suplementar 1 (cont.) - Questionário do Teste de aceitação "Molho para saladas/sandes"

Sociodemographic Information

1. **Sex** (tick one)
 - ☐ Male
 - ☐ Female
 - ☐ Other: _____
2. **Age:** |_____| years
3. **Marital status** (tick one)
 - ☐ Single
 - ☐ Married / Civil partnership
 - ☐ Other: _____
4. **Nationality** (tick one)
 - ☐ Portuguese
 - ☐ Other: _____
5. **Municipality of residence:** _____
6. **Educational level** (tick one)
 - ☐ High school / CET
 - ☐ Bachelor's degree
 - ☐ Master's degree
 - ☐ PhD
 - ☐ Other: _____
7. **Employment status** (tick one)
 - ☐ Student
 - ☐ Research fellow
 - ☐ Employed
 - ☐ Other: _____
8. **How often do you consume salad/sandwich dressings (e.g., regular or light mayonnaise)?**
(tick one)
 - ☐ Rarely
 - ☐ Once a month
 - ☐ 2–3 times per month
 - ☐ 1–3 times per week
 - ☐ 4–6 times per week
 - ☐ Every day
 - ☐ More than once per day
9. **Which dressing do you consume most often?**

Sensory Analysis — Sample 850

1. **Global appreciation**
Please rate your opinion according to the scale below:

1 = disliked extremely
2 = disliked very much
3 = disliked moderately

Supplementary File 1 (cont.) - Questionnaire of the "Salad/Sandwich Dressing" Acceptance Test
Ficheiro Suplementar 1 (cont.) - Questionário do Teste de aceitação "Molho para saladas/sandes"

- 4 = disliked slightly
5 = neither liked nor disliked
6 = liked slightly
7 = liked moderately
8 = liked very much
9 = liked extremely

Score: |__|

2. Sensory attributes

(1 = disliked extremely; 9 = liked extremely)

Attribute 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Appearance ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Aroma ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Flavour ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Texture ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Saltiness ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

3. Positive aspects

4. Negative aspects

5. Willingness to consume

How willing would you be to consume this sample if it were available on the market at an affordable price?

Scale: 1 (Not willing at all) ... 10 (Very willing)

Score: |__|

6. Comparison with usual dressing

Compared to the dressing you usually consume:

☐ Much worse

☐ Worse

☐ The same

☐ Better

☐ Much better

Sensory Analysis — Sample 070

(Same structure as Sample 850, replacing "850" with "070".)

End of questionnaire

Thank you for your participation!

Supplementary Table S1 - Non-parametric effect sizes (r) for Mann–Whitney tests comparing olive oil vs soy-based lupin dressings across sensory attributes.

Tabela Suplementar S1 - Tamanhos de efeito não paramétricos (r) dos testes de Mann–Whitney comparando os molhos de tremço com azeite vs base de soja nos atributos sensoriais.

Attribute / Atributo	n1 (Olive oil / Azeite)	n2 (Soy-based / Base de soja)	U	Z	p-value	r	Interpretation / Interpretação	Direction / Direção
Global appreciation / Apreciação global	31	31	371.5	-1.554	0.12	0.195	small / pequeno	Soy-based > Olive oil / Soja > Azeite
Appearance / Aparência	31	31	369.5	-1.591	0.112	0.198	small / pequeno	Soy-based > Olive oil / Soja > Azeite
Aroma	31	31	419	-0.876	0.381	0.11	small / pequeno	Soy-based > Olive oil / Soja > Azeite
Flavour / Sabor	31	31	393	-1.243	0.214	0.156	small / pequeno	Soy-based > Olive oil / Soja > Azeite
Texture / Textura	31	31	401	-1.133	0.257	0.142	small / pequeno	Soy-based > Olive oil / Soja > Azeite
Saltiness / Teor de Sal	31	31	437	-0.621	0.535	0.079	small / pequeno	Soy-based > Olive oil / Soja > Azeite